

"Express Mail" mailing label number EV 327 136 226 US
Date of Deposit 2/26/04

Our File No. 9281-4746
Client Reference No. N US03001

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:)
Naoya Hasegawa et al.)
Serial No. To Be Assigned)
Filing Date: Herewith)
For: Spin Valve Magnetoresistive Element)
Having Pinned Magnetic Layer)
Composed of Epitaxial Laminated Film)
Having Magnetic Sublayers And)
Nonmagnetic Interlayer)

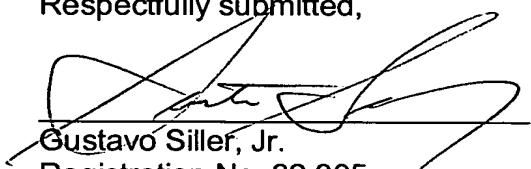
SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT

Mail Stop Patent Application
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Transmitted herewith is a certified copy of priority document Japanese Patent Application No. 2003-048688 filed on February 26, 2003 for the above-named U.S. application.

Respectfully submitted,



Gustavo Siller, Jr.
Registration No. 32,305
Attorney for Applicants
Customer Number 00757

BRINKS HOFER GILSON & LIONE
P.O. BOX 10395
CHICAGO, ILLINOIS 60610
(312) 321-4200



日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 2月26日
Date of Application:

出願番号 特願2003-048688
Application Number:

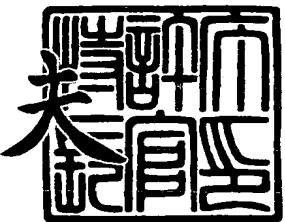
[ST. 10/C] : [JP 2003-048688]

出願人 アルプラス電気株式会社
Applicant(s):

2003年 8月14日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康



【書類名】 特許願
【整理番号】 021307AL
【提出日】 平成15年 2月26日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H01L 43/08
【発明の名称】 磁気検出素子
【請求項の数】 18
【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会
社内
【氏名】 長谷川 直也
【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会
社内
【氏名】 梅津 英治
【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会
社内
【氏名】 斎藤 正路
【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会
社内
【氏名】 井出 洋介
【特許出願人】
【識別番号】 000010098
【氏名又は名称】 アルプス電気株式会社
【代表者】 片岡 政隆

【代理人】

【識別番号】 100085453

【弁理士】

【氏名又は名称】 野▲崎▼ 照夫

【選任した代理人】

【識別番号】 100121049

【弁理士】

【氏名又は名称】 三輪 正義

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 041070

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気検出素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 固定磁性層とフリー磁性層が非磁性材料層を介して積層されている磁気検出素子において、

前記固定磁性層は、複数の磁性層が非磁性中間層を介して積層されたものであつて、前記複数の磁性層のうち前記非磁性材料層から最も離れた位置に形成されている第1の磁性層が、Ru、Re、Os、Ti、Rh、Ir、Pd、Pt、Alから選ばれる1種あるいは2種以上からなる非磁性金属層に接しており、前記非磁性金属層内の結晶と前記第1の磁性層内の結晶はエピタキシャルまたはヘテロエピタキシャルな状態であり、前記固定磁性層の記録媒体との対向面側の端面が開放されていることを特徴とする磁気検出素子。

【請求項 2】 前記非磁性金属層はRh、Ir、Pd、Pt、Alから選ばれる1種あるいは2種以上によって形成され、前記固定磁性層の第1の磁性層側の界面付近あるいは全領域において面心立方格子(fcc)構造をとり、前記界面と平行な方向に、{111}面として表される等価な結晶面が優先配向している請求項1記載の磁気検出素子。

【請求項 3】 前記非磁性金属層はRu、Re、Os、Tiから選ばれる1種あるいは2種以上によって形成され、前記固定磁性層の第1の磁性層側の界面付近あるいは全領域において六方密(hcp)構造をとり、前記界面と平行な方向に、C面が優先配向している請求項1記載の磁気検出素子。

【請求項 4】 前記フリー磁性層と前記固定磁性層の両側端部には、フリー磁性層に縦バイアス磁界を供給するバイアス層が設けられている請求項1ないし3のいずれかに記載の磁気検出素子。

【請求項 5】 前記固定磁性層の第1の磁性層は、前記非磁性金属層側の界面付近あるいは全領域において面心立方格子(fcc)構造をとり、前記界面と平行な方向に、{111}面として表される等価な結晶面が優先配向している請求項1ないし4のいずれかに記載の磁気検出素子。

【請求項 6】 前記固定磁性層の第1の磁性層は、CoまたはCo_xFe_y(

$y \leq 20$, $x + y = 100$) からなる請求項5に記載の磁気検出素子。

【請求項7】 前記固定磁性層の第1の磁性層は、前記非磁性金属層側の界面付近あるいは全領域において体心立方格子 (b c c) 構造をとり、前記界面と平行な方向に、{110}面として表される等価な結晶面が優先配向している請求項1ないし4のいずれかに記載の磁気検出素子。

【請求項8】 前記固定磁性層の第1の磁性層は、 Co_xFe_y ($y \leq 20$, $x + y = 100$) からなる請求項7記載の磁気検出素子。

【請求項9】 前記固定磁性層の第1の磁性層の、前記非磁性金属層側の界面付近は面心立方格子 (f c c) 構造をとり、前記界面と平行な方向に、{111}面として表される等価な結晶面が優先配向しており、前記非磁性中間層側の界面付近は体心立方格子 (b c c) 構造をとり、前記界面と平行な方向に、{110}面として表される等価な結晶面が優先配向している請求項1ないし4のいずれかに記載の磁気検出素子。

【請求項10】 前記固定磁性層の第1の磁性層の、前記非磁性金属層側の界面付近の組成は Co_xFe_y ($y \leq 20$ $x + y = 100$) または Co であり、前記非磁性中間層側の界面付近の組成は Co_xFe_y ($y \geq 20$ $x + y = 100$) である請求項9記載の磁気検出素子。

【請求項11】 前記固定磁性層の第1の磁性層は、前記非磁性金属層側の界面から前記非磁性中間層側の界面に向かうに連れて、Fe濃度が徐々に大きくなる請求項10記載の磁気検出素子。

【請求項12】 前記界面と平行な面内における、前記非磁性金属層の最近接原子間距離と、前記固定磁性層の第1の磁性層の最近接原子間距離の差を、前記第1の磁性層の最近接原子間距離で割った値が、0.05以上0.20以下である請求項1ないし11のいずれかに記載の磁気検出素子。

【請求項13】 前記非磁性金属層と前記固定磁性層の第1の磁性層の間に、PtMn合金、または、X—Mn (ただしXは、Pd, Ir, Rh, Ru, Os, Ni, Feのいずれか1種または2種以上の元素である) 合金からなる中間層が設けられている請求項1ないし12のいずれかに記載の磁気検出素子。

【請求項14】 前記非磁性金属層内の結晶と前記中間層内の結晶はエピタ



キシャルな状態であり、また前記中間層内の結晶と前記固定磁性層内の結晶もエピタキシャルまたはヘテロエピタキシャルな状態である請求項 13 記載の磁気検出素子。

【請求項 15】 前記第 1 の磁性層は磁歪定数が正の値である磁性材料によって形成されている請求項 1 ないし 14 のいずれかに記載の磁気検出素子。

【請求項 16】 フリー磁性層、非磁性材料層、及び前記固定磁性層の両側部には、Cr、 α -Ta、またはRhからなる電極層が形成されている請求項 1 ないし 15 のいずれかに記載の磁気検出素子。

【請求項 17】 前記電極層の結晶格子面の膜面平行方向の面間隔がCrの場合で 0.2044 nm 以上 (bcc 構造の {110} 面間隔)、 α -Ta の場合で 0.2337 nm 以上 (bcc 構造の {110} 面間隔)、Rh の場合で 0.2200 nm 以上 (fcc 構造の {111} 面間隔) である請求項 16 記載の磁気検出素子。

【請求項 18】 前記固定磁性層の光学的トラック幅寸法が、0.15 μ m 以下である請求項 1 ないし 17 のいずれかに記載の磁気検出素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、フリー磁性層、非磁性材料層、固定磁性層を有する磁気検出素子に係り、特に固定磁性層自体の一軸異方性によって固定磁性層の磁化を固定する磁気検出素子に関する。

【0002】

【従来の技術】

磁気記録再生装置に搭載されている磁気ヘッドの現在の主流は、巨大磁気抵抗 (GMR) 効果を応用したスピナバルブ型磁気検出素子を用いたものである。

【0003】

スピナバルブ型磁気検出素子は、固定磁性層と呼ばれる強磁性膜とフリー磁性層と呼ばれる強磁性軟磁性膜が、非磁性材料層と呼ばれる非磁性膜を介して積層されたものである。

【0004】

フリー磁性層の磁化は、硬磁性体からなるハードバイアス層などからの縦バイアス磁界によって一方向に揃えられる。そして記録媒体からの外部磁界に対し、フリー磁性層の磁化が感度良く変動する。一方、前記固定磁性層の磁化は、前記フリー磁性層の磁化方向と交叉する方向に固定されている。

【0005】

フリー磁性層の磁化方向の変動と、固定磁性層の固定磁化方向との関係で電気抵抗が変化し、この電気抵抗値の変化に基づく電圧変化または電流変化により、記録媒体からの洩れ磁界が検出される。

【0006】

従来、前記固定磁性層を、PtMnなどの反強磁性材料からなる反強磁性層に重ねて形成し、前記固定磁性層と前記反強磁性層との間に交換結合磁界を発生させることによって、前記固定磁性層の磁化を固定させていた。

【0007】

反強磁性層と固定磁性層との界面に発生する交換結合磁界は、製造工程中の磁界印加や記録媒体からの洩れ磁界による固定磁性層の磁化方向の変動を防ぐことができる程度に充分大きくできる。また、反強磁性層自体は、外部に磁場を発生させないため、磁気検出素子の設計が容易になるという利点を有していた。

【0008】

しかし、前記反強磁性層と前記固定磁性層の界面に充分な大きさの交換結合磁界を発生させるためには、前記反強磁性層の膜厚を200Å程度にする必要があった。

【0009】

磁気検出素子を構成する積層体の中に存在する、膜厚の大きい反強磁性層は、センス電流の分流損失の主な原因となる。記録媒体の高記録密度化に対応するためには、磁気検出素子の出力を向上させることが必要であるが、上述したセンス電流の分流損失は磁気検出素子の出力向上の妨げになる。

【0010】

また、磁気検出素子の上下には、検出対象の記録信号を効率的に読み取るため

に、軟磁性材料からなるシールド層が設けられる。記録媒体の高線記録密度化に対応するためには、上下のシールド層間距離を短くする必要がある。膜厚の大きな前記反強磁性層は、上下のシールド層間距離を短くするときの妨げにもなっていた。

【0011】

そこで、図12に示されるように、反強磁性層を省略し、固定磁性層自体の一軸異方性によって固定磁性層の磁化を固定する磁気検出素子が提案された。

【0012】

図12に、示される磁気検出素子は、アルミナなどの絶縁材料からなる下部ギャップ層1上に、下から順に下地層2、第1の磁性層3aと第2の磁性層3cが、非磁性中間層3bを介して積層された人工フェリ構造の固定磁性層3、非磁性材料層4、フリー磁性層5、保護層6からなる多層膜Tの両側7、7にバイアス下地層8、8、ハードバイアス層9、9、電極層10、10が形成されている。

【0013】

図12に示される磁気検出素子は、固定磁性層3に重なる反強磁性層が形成されておらず、固定磁性層3自体の一軸異方性によって固定磁性層の磁化が図示Y方向に固定されている。従って、反強磁性層を有する従来の磁気検出素子に比べて分流損失を少なくできるので、磁気検出素子の磁界検出出力を20～30%向上させることができる。また、磁気検出素子の上下に設けられるシールド層間の距離も短くなるので、記録媒体のさらなる高線記録密度化に対応することもできる。

【0014】

図12に示されるような磁気検出素子は、以下に示す特許文献1及び特許文献2に記載されている。

【0015】

【特許文献1】

特開平8-7235号公報（第8頁、第9頁、第5図）

【特許文献2】

特開2000-113418号公報（第7頁、第8頁、図4、図5、図6）

、図7)

【0016】

【発明が解決しようとする課題】

特許文献1に記載されている磁気検出素子は、タンタル(Ta)からなるバッファ層62を下地として、その上に、ピン止め強磁性層70が積層されたものである。ピン止め強磁性層70は、第1のコバルト(Co)フィルム72と第2のコバルト(Co)フィルム74が、ルテニウム(Ru)フィルム73を介して積層されたものである。第1のコバルト(Co)フィルム72と第2のコバルト(Co)フィルム74は各々の異方性磁界によって磁化が固定されている。第1のコバルト(Co)フィルム72と第2のコバルト(Co)フィルム74は反強磁性結合しており、互いに反平行方向に磁化されている。

【0017】

しかし、特許文献1に記載されている磁気検出素子のように、タンタルからなるバッファ層上にCoフィルムを積層する構成では、ピン止め強磁性層70の磁化方向を適切に固定できないことがわかった。このことは、特許文献2においても指摘されている。

【0018】

特許文献2に記載の磁気検出素子は、特許文献1の問題を解決することを目的として発明されたものである。この磁気検出素子では、積層フェリ固定層の強磁性膜をCoFeまたはCoFeNiによって形成することによって誘導異方性を向上させている。

【0019】

なお、特許文献2には、積層フェリ固定層の下にTaからなる下地層を設けることも記載されているが、Ta下地を設けた場合とTa下地を設けない場合を比較した実験結果(特許文献2の図4、図5、図6、図7)をみると、強磁性層にCoFe合金を用いたときには、Ta下地を設けない方が磁気抵抗変化も保磁力も大きくなることが示されている。

【0020】

特許文献2には、積層フェリ固定層の誘導異方性を大きくするために、強磁性

膜にC o F e 合金を使用すること、及び強磁性膜の磁歪を正にすることが記載されている。

【0021】

自己固定式の固定磁性層の磁化を固定するために、最も重要な要素は固定磁性層の磁気弾性エネルギーに由来する一軸異方性である。特に固定磁性層の磁歪を最適化することが重要である。しかし、特許文献2には、固定磁性層の磁歪を最適化する機構に関する考察がなく、固定磁性層の磁歪を最適化するための具体的構成に関する記載はなされていない。

【0022】

本発明は、上記従来の課題を解決するためのものであり、自己固定式の固定磁性層を有する磁気検出素子において、固定磁性層の磁歪を制御する機構を明らかにし、該磁歪を適切に制御するために、前記固定磁性層に接する非磁性膜の材料を適切に選択することによって、固定磁性層の磁化を強固に固定することができる磁気検出素子を提供することを目的とする。

【0023】

【課題を解決するための手段】

本発明は、固定磁性層とフリー磁性層が非磁性材料層を介して積層されている磁気検出素子において、

前記固定磁性層は、複数の磁性層が非磁性中間層を介して積層されたものであって、前記複数の磁性層のうち前記非磁性材料層から最も離れた位置に形成されている第1の磁性層がR u、R e、O s、T i、R h、I r、P d、P t、A lから選ばれる1種あるいは2種以上からなる非磁性金属層に接しており、前記非磁性金属層内の結晶と前記第1の磁性層内の結晶はエピタキシャルまたはヘテロエピタキシャルな状態であり、前記固定磁性層の記録媒体との対向面側の端面が開放されていることを特徴とするものである。

【0024】

本発明は、固定磁性層に重なる反強磁性層が形成されておらず、固定磁性層自身の一軸異方性によって固定磁性層の磁化が固定される、いわゆる自己固定式の磁気検出素子である。

【0025】

従って、反強磁性層を有する磁気検出素子に比べて分流損失を少なくできるので、磁気検出素子の磁界検出出力を20～30%向上させることができる。また、磁気検出素子の上下に設けられるシールド層間の距離も短くなるので、記録媒体のさらなる高線記録密度化に対応することもできる。

【0026】

強磁性体膜の磁気異方性磁界を決める要素には、結晶磁気異方性、誘導磁気異方性、及び磁気弾性効果がある。このうち、結晶磁気異方性は多結晶をランダムに配向した結晶を有する膜では、異方性を一軸にそろえるのは難しい。一方、誘導磁気異方性は成膜時または熱処理時に一方向の磁場を与えることによって一軸性を帯び、磁気弾性効果は一軸性の応力を加えることによって一軸性を帯びる。

【0027】

本発明は、固定磁性層の磁化を固定する一軸異方性を決める、誘導磁気異方性と磁気弾性効果のうち、磁気弾性効果に着目してなされたものである。

【0028】

磁気弾性効果は、磁気弾性エネルギーに支配される。磁気弾性エネルギーは、固定磁性層にかかる応力と固定磁性層の磁歪定数によって規定される。

【0029】

本発明では、前記固定磁性層の記録媒体との対向面側の端面が開放されているので、応力の対称性がくずれて、前記固定磁性層には、素子高さ方向（ハイト方向；前記対向面に対する法線方向）に引張り応力が働く。

【0030】

本発明では、固定磁性層の磁歪定数を大きくすることによって磁気弾性エネルギーを大きくし、これによって、固定磁性層の一軸異方性を大きくするものである。固定磁性層の一軸異方性が大きくなると、固定磁性層の磁化は一定の方向に強固に固定され、磁気検出素子の出力が大きくなりかつ出力の安定性や対称性も向上する。

【0031】

具体的には、前記固定磁性層を構成する前記複数の磁性層のうち前記第1の磁

性層を、Ru、Re、Os、Ti、Rh、Ir、Pd、Pt、Alから選ばれる1種あるいは2種以上からなる非磁性金属層と、エピタキシャルまたはヘテロエピタキシャルな状態で接合させることによって、前記第1の磁性層の結晶構造に歪みを生じさせて前記第1の磁性層の磁歪定数 λ を大きくさせている。

【0032】

前記非磁性金属層がRh、Ir、Pd、Pt、Alから選ばれる1種あるいは2種以上によって形成されるときには、前記非磁性金属層は、前記固定磁性層の第1の磁性層側の界面付近、あるいは全領域において、面心立方格子(fcc)構造をとり、前記界面と平行な方向に、{111}面として表される等価な結晶面が優先配向している。

【0033】

また、前記非磁性金属層がRu、Re、Os、Tiから選ばれる1種あるいは2種以上によって形成されるときには、前記非磁性金属層は、前記固定磁性層の第1の磁性層側の界面付近、あるいは全領域において、六方密（hcp）構造をとり、前記界面と平行な方向に、C面（{0001}面が優先配向している

前記フリー磁性層と前記固定磁性層の両側端部には、フリー磁性層に縦バイアス磁界を供給するバイアス層が設けられていることが好ましい。

【0034】

本発明では、前記固定磁性層の第1の磁性層は、前記非磁性金属層側の界面付近あるいは全領域において面心立方格子(fcc)構造をとり、前記界面と平行な方向に、{111}面として表される等価な結晶面が優先配向していることが好ましい。

【0035】

上述のごとく、本発明における前記非磁性金属層は、fcc構造をとり前記界面と平行な方向に、{111}面として表される等価な結晶面が優先配向しているか、またはhcp構造をとり前記界面と平行な方向に、C面が優先配向しているものである。

【0036】

従って、前記第1の磁性層が、fcc構造をとり前記界面と平行な方向に、{

111} 面として表される等価な結晶面が優先配向しているものであると、前記第1の磁性層を構成する原子と前記非磁性金属層を構成する原子が互いに重なりあいやすくなる。

【0037】

しかし、前記第1の磁性層の {111} 面内の最近接原子間距離と、前記非磁性金属層の {111} 面内又はC面内の最近接原子間距離には、一定以上の差が生じるので、前記第1の磁性層と前記非磁性金属層の界面付近では、前記第1の磁性層を構成する原子と前記非磁性金属層を構成する原子が互いに重なり合いつつも、それぞれの結晶構造に歪みが生じている。すなわち、前記第1の磁性層の結晶構造に歪を生じさせることによって磁歪定数 λ を大きくさせることができる。

【0038】

例えば、前記固定磁性層の第1の磁性層を、Coまたは Co_xFe_y ($y \leq 20$, $x+y=100$) によって形成すると、前記第1の磁性層を、fcc構造をとり前記界面と平行な方向に {111} 面として表される等価な結晶面が優先配向するものにできる。

【0039】

または、前記固定磁性層の第1の磁性層は、前記非磁性金属層側の界面付近あるいは全領域において体心立方格子 (bcc) 構造をとり、前記界面と平行な方向に、{110} 面として表される等価な結晶面が優先配向しているものであることが好ましい。

【0040】

前記第1の磁性層が、bcc構造をとり前記界面と平行な方向に、{110} 面として表される等価な結晶面が優先配向しているものであっても、前記第1の磁性層を構成する原子と前記非磁性金属層を構成する原子が互いに重なりあいやすくなる。

【0041】

このときも、前記第1の磁性層の {110} 面内の最近接原子間距離と、前記非磁性金属層の {111} 面内又はC面内の最近接原子間距離には、一定以上の

差が生じ、前記第1の磁性層と前記非磁性金属層の界面付近では、前記第1の磁性層を構成する原子と前記非磁性金属層を構成する原子が互いに重なり合いつつも、それぞれの結晶構造に歪みが生じる。すなわち、前記第1の磁性層の結晶構造に歪を生じさせることによって磁歪定数 λ を大きくさせることができる。

【0042】

例えば、前記固定磁性層の第1の磁性層を、 Co_xFe_y ($y \geq 20$, $x+y=100$, x 及び y はat%) によって形成すると、前記第1の磁性層を、 bcc 構造をとり前記界面と平行な方向に $\{110\}$ 面として表される等価な結晶面が優先配向するものにできる。なお、 bcc 構造をとる Co または Co_xFe_y ($y \leq 20$, $x+y=100$, x 及び y はat%) は、 fcc 構造をとる Co または Co_xFe_y ($y \leq 20$, $x+y=100$, x 及び y はat%) より、磁歪定数 λ の値が大きいので、より大きな磁気弾性効果を発揮することができる。また、 bcc 構造をとる Co_xFe_y ($y \geq 20$, $x+y=100$) は、保磁力が大きく、前記固定磁性層の磁化固定を強固にすることができる。ただし、 Co_xFe_y の Fe 濃度 y が20(at%)付近のときには、 fcc 構造と bcc 構造の混合構造をとることもある。

【0043】

また、本発明では、前記固定磁性層の第1の磁性層の、前記非磁性金属層側の界面付近は面心立方格子 (fcc) 構造をとり、前記界面と平行な方向に $\{111\}$ 面として表される等価な結晶面が優先配向しており、前記非磁性中間層側の界面付近は体心立方格子 (bcc) 構造をとり、前記界面と平行な方向に、 $\{110\}$ 面として表される等価な結晶面が優先配向していることが好ましい。

【0044】

前記非磁性中間層側の界面付近を bcc 構造にすることにより、磁歪定数 λ の値を大きくし、大きな磁気弾性効果を発揮させることができる。一方、前記第1の磁性層の前記非磁性金属層側の界面付近を fcc 構造にすると、固定磁性層、非磁性材料層、フリー磁性層の結晶配向性が一定になりやすく、磁気抵抗変化率 (MR比) を高くすることができる。

【0045】

例えば、前記固定磁性層の第1の磁性層の、前記非磁性金属層側の界面付近の

組成を Co_xFe_y ($y \leq 20$, $x + y = 100$) または Co にし、前記非磁性中間層側の界面付近の組成を Co_xFe_y ($y \geq 20$, $x + y = 100$) にすることによって、前記非磁性金属層側の界面付近は、 fcc 構造であって、前記界面と平行な方向に $\{111\}$ 面として表される等価な結晶面が優先配向し、前記非磁性中間層側の界面付近は、 (bcc) 構造であって、前記界面と平行な方向に、 $\{110\}$ 面として表される等価な結晶面が優先配向しているものにできる。

【0046】

また、前記非磁性中間層側の界面付近の組成が、 Co_xFe_y ($y \geq 20$, $x + y = 100$) であると、前記非磁性中間層を介した第1の磁性層と他の磁性層間の RKKY 相互作用が強くなるので好ましい。

【0047】

なお、前記固定磁性層の第1の磁性層は、前記非磁性金属層側の界面から前記非磁性中間層側の界面に向かうに連れて、 Fe 濃度が徐々に大きくなるものであってもよい。

【0048】

本発明では、前記非磁性金属層を構成する原子と前記第1の磁性層の原子とを、重なり合わせつつ、結晶構造に歪みを生じさせるために、界面と平行な面内における、前記非磁性金属層の最近接原子間距離と、前記固定磁性層の第1の磁性層の最近接原子間距離の差を、前記第1の磁性層の最近接原子間距離で割った値を、0.05 以上 0.20 以下にすることが好ましい。

【0049】

また、前記非磁性金属層と前記固定磁性層の第1の磁性層の間に、 PtMn 合金、または、 $X-\text{Mn}$ (ただし X は、 Pd , Ir , Rh , Ru , Os , Ni , Fe のいずれか1種または2種以上の元素である) 合金からなる中間層が設けられていると、前記非磁性金属層内の結晶と前記中間層内の結晶がエピタキシャルな状態になりやすく、また前記中間層内の結晶と前記固定磁性層内の結晶もエピタキシャルまたはヘテロエピタキシャルな状態になりやすくなる。

【0050】

前記第1の磁性層は磁歪定数が正の値である磁性材料によって形成されている

ことが好ましい。

【0051】

なお、フリー磁性層、非磁性材料層、及び前記固定磁性層の両側部には、Cr、 α -Ta、またはRhからなる電極層が形成されていると、前記固定磁性層にかかるトラック幅方向の圧縮応力（すなわちハイト方向の引張り応力）を大きくできるので好ましい。

【0052】

前記電極層の結晶格子面の膜面平行方向の面間隔がCrの場合で0.2044nm以上（bcc構造の{110}面間隔）、 α -Taの場合で0.2337nm以上（bcc構造の{110}面間隔）、Rhの場合で0.2200nm以上（fcc構造の{111}面間隔）であることが好ましい。

【0053】

本発明は、磁気検出素子の小型化を進めたときに特に有効になる。特に、前記固定磁性層の光学的トラック幅寸法が、0.15 μ m以下であることが好ましい。

【0054】

【発明の実施の形態】

図1は、本発明の第1の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側から見た断面図である。

【0055】

図1に示される磁気検出素子では、アルミナなどの絶縁性材料からなる下部ギャップ層20上に多層膜T1が形成されている。

【0056】

図1に示す実施形態では、多層膜T1は、下からシードレイヤ21、非磁性金属層22、固定磁性層23、非磁性材料層24、フリー磁性層25及び保護層26の順に積層されたものである。

【0057】

シードレイヤ21は、NiFe合金、NiFeCr合金あるいはCrやTaなどで形成されている。シードレイヤ21は、例えば(Ni0.8Fe0.2)60at%Cr

り40at%の膜厚35Å～60Åで形成される。

【0058】

シードレイヤ21があると、非磁性金属層22の{111}配向が良好になる。

【0059】

非磁性金属層22については、後述する。

固定磁性層23は、第1磁性層（第1の磁性層）23aと第2磁性層23cが非磁性中間層23bを介して積層された人工フェリ構造を有している。固定磁性層23は、固定磁性層23自体の一軸異方性によって磁化が、ハイト方向（図示Y方向）に固定されている。

【0060】

非磁性材料層24は、固定磁性層23とフリー磁性層25との磁気的な結合を防止する層であり、Cu, Cr, Au, Agなど導電性を有する非磁性材料により形成されることが好ましい。特にCuによって形成されることが好ましい。非磁性材料層の膜厚は17Å～30Åである。

【0061】

フリー磁性層25は、NiFe合金やCoFe合金等の磁性材料で形成される。図1に示す実施形態では特にフリー磁性層25がNiFe合金で形成されるとき、フリー磁性層25と非磁性材料層24との間にCoやCoFeなどからなる拡散防止層（図示しない）が形成されていることが好ましい。フリー磁性層25の膜厚は20Å～60Åである。また、フリー磁性層25は、複数の磁性層が非磁性中間層を介して積層された人工フェリ構造であってよい。

【0062】

保護層26はTaなどからなり、多層膜T1の酸化の進行を抑える。保護層26の膜厚は10Å～50Åである。

【0063】

図1に示す実施形態では、シードレイヤ層21から保護層26までの多層膜T1の両側にはバイアス下地層27、ハードバイアス層28及び電極層29が形成

されている。ハードバイアス層28からの縦バイアス磁界によってフリー磁性層25の磁化はトラック幅方向（図示X方向）に揃えられる。

【0064】

バイアス下地層27, 27はCrやW、Tiで、ハードバイアス層28, 28は例えばCo-Pt（コバルト-白金）合金やCo-Cr-Pt（コバルト-クロム-白金）合金などで形成されており、電極層29, 29は、Cr、Ta、Rh、AuやW（タンゲステン）などで形成されている。

【0065】

バイアス下地層27, 27の膜厚は20Å～100Å、ハードバイアス層28, 28の膜厚は100Å～400Å、電極層29, 29の膜厚は400Å～1500Åである。

【0066】

電極層29, 29、及び保護層26上には、アルミナなどの絶縁性材料からなる上部ギャップ層30が積層される。なお、図示はしないが、下部ギャップ層20の下には下部シールド層が設けられ、上部ギャップ層上には上部シールド層が設けられる。下部シールド層及び上部シールド層はNiFeなどの軟磁性材料によって形成される。上部ギャップ層及び下部ギャップ層の膜厚は50Å～300Åである。

【0067】

フリー磁性層25の磁化は、ハードバイアス層28, 28からの縦バイアス磁界によってトラック幅方向（図示X方向）に揃えられる。そして記録媒体からの信号磁界（外部磁界）に対し、フリー磁性層25の磁化が感度良く変動する。一方、固定磁性層23の磁化は、ハイト方向（図示Y方向）に固定されている。

【0068】

フリー磁性層25の磁化方向の変動と、固定磁性層23の固定磁化方向（特に第2磁性層23cの固定磁化方向）との関係で電気抵抗が変化し、この電気抵抗値の変化に基づく電圧変化または電流変化により、記録媒体からの洩れ磁界が検出される。

【0069】

本実施の形態の特徴部分について述べる。

図1に示される磁気検出素子の固定磁性層23は、第1磁性層（第1の磁性層）23aと第2磁性層23cが非磁性中間層23bを介して積層された人工フェリ構造を有している。第1磁性層23aの磁化と第2磁性層23cの磁化は、非磁性中間層23bを介したRKKY相互作用によって互いに反平行方向に向けられている。

【0070】

第1磁性層23aは、第2磁性層23cより非磁性材料層24から離れた位置に形成されており、非磁性金属層22に接している。

【0071】

非磁性金属層22は、Ru、Re、Os、Ti、Rh、Ir、Pd、Pt、Alから選ばれる1種あるいは2種以上によって形成されている。非磁性金属層22の膜厚は5Å～30Åである。

【0072】

図1に示される磁気検出素子は、固定磁性層23に重なる反強磁性層が形成されておらず、固定磁性層23自体の一軸異方性によって固定磁性層23の磁化が固定される、いわゆる自己固定式の磁気検出素子である。

【0073】

従って、反強磁性層を有する磁気検出素子に比べて分流損失を少なくできるので、磁気検出素子の磁界検出出力を20～30%向上させることができる。また、磁気検出素子の上下に設けられるシールド層間の距離も短くなるので、記録媒体のさらなる高線記録密度化に対応することもできる。

【0074】

本実施の形態では、第2磁性層23cの膜厚の方が、第1磁性層23aの膜厚より大きくなっている。第2磁性層23cの磁化はハイト方向（図示Y方向）を向き、第1磁性層23aの磁化はハイト方向と反平行方向を向いた状態で磁化が固定されている。

【0075】

第1磁性層23aの膜厚は10Å～30Åであり、第2磁性層23cの膜厚は

15 Å～35 Åである。第1磁性層23aの膜厚を厚くすると、保磁力は大きくなる。しかし、第1磁性層23aの膜厚が大きいと分流損失が大きくなる。また、後述するように、第1磁性層23aは、非磁性金属層22と整合することによって結晶構造に歪みが生じ、この歪みによって磁歪定数 λ 及び一軸異方性を大きくしている。しかし、第1磁性層23aの膜厚が大きすぎると、第1磁性層23aに生じる歪みが小さくなり、磁歪定数 λ 及び一軸異方性も小さくなってしまう。

【0076】

本発明は、固定磁性層23の磁化を固定する一軸異方性を決める、誘導磁気異方性と磁気弾性効果のうち、磁気弾性効果を主に利用している。

【0077】

磁気弾性効果は、磁気弾性エネルギーに支配される。磁気弾性エネルギーは、固定磁性層23にかかる応力 σ と固定磁性層23の磁歪定数 λ によって規定される。

【0078】

図2は、図1に示された磁気検出素子を図示上側（図示Z方向と反対方向）からみた平面図である。磁気検出素子の多層膜T1は一対のバイアス下地層27, 27、ハードバイアス層28, 28及び電極層29, 29の間に形成されている。なお、バイアス下地層27, 27、ハードバイアス層28, 28は、電極層29, 29の下に設けられているので、図2には図示されていない。多層膜T1と、バイアス下地層27, 27、ハードバイアス層28, 28及び電極層29, 29の周囲は、斜線で示される絶縁材料層31によって埋められている。

【0079】

また、多層膜T1、バイアス下地層27, 27、ハードバイアス層28, 28及び電極層29, 29の記録媒体との対向面側の端面Fは露出しているか、またはダイヤモンドライクカーボン（DLC）などからなる膜厚20 Å～50 Åの薄い保護層で覆われているだけであり、開放端となっている。

【0080】

従って、もともと2次元的に等方的であった下部ギャップ層20及び上部ギャ

ップ層30からの応力が端面Fで開放された結果、対称性がくずれて、多層膜T1には、ハイト方向（図示Y方向）に平行な方向に、引っ張り応力が加えられている。また、バイアス下地層27, 27、ハードバイアス層28, 28、及び電極層29, 29の積層膜が圧縮性の内部応力を有している場合には、電極層などが面内方向に延びようとするため、多層膜T1には、トラック幅方向に（図示X方向）に平行な方向及び反平行な方向に圧縮応力を加えられている。

【0081】

すなわち、記録媒体との対向面側の端面Fが開放されている固定磁性層23には、ハイト方向の引張り応力とトラック幅方向の圧縮応力が加えられる。そして、第1磁性層23aは、磁歪定数が正の値である磁性材料によって形成されているので、磁気弾性効果によって、第1磁性層23aの磁化容易軸は磁気検出素子の奥側（ハイト方向；図示Y方向）に平行方向となり、第1磁性層23aの磁化方向がハイト方向と平行方向または反平行方向に固定される。第2磁性層23cの磁化は、非磁性中間層23bを介したRKKY相互作用によって第1磁性層23aの磁化方向と反平行方向を向いた状態で固定される。

【0082】

本発明では、固定磁性層23の磁歪定数を大きくすることによって磁気弾性エネルギーを大きくし、これによって、固定磁性層23の一軸異方性を大きくするものである。固定磁性層23の一軸異方性が大きくなると、固定磁性層23の磁化は一定の方向に強固に固定され、磁気検出素子の出力が大きくなりかつ出力の安定性や対称性も向上する。

【0083】

具体的には、固定磁性層23を構成する第1磁性層23aを、非磁性金属層22と接合させることによって、第1磁性層23aの結晶構造に歪みを生じさせて第1磁性層23aの磁歪定数 λ を大きくさせている。非磁性金属層22は、Ru、Re、Os、Ti、Rh、Ir、Pd、Pt、Alから選ばれる1種あるいは2種以上からなる。

【0084】

非磁性金属層22がRh、Ir、Pd、Pt、Alから選ばれる1種あるいは

2種以上によって形成されると、この非磁性金属層22は、fcc構造をとり、界面と平行な方向に{111}面として表される等価な結晶面が優先配向するものになる。また、非磁性金属層22がRu、Re、Os、Tiから選ばれる1種あるいは2種以上によって形成されると、この非磁性金属層22は、hcp構造をとり、界面と平行な方向にC面（{0001}面）が優先配向するものになる。

【0085】

一方、固定磁性層23の第1磁性層23aがCoまたは Co_xFe_y （ $y \leq 20$ ， $x+y=100$ ）によって形成されていると、第1磁性層23aは面心立方格子（fcc）構造をとる。また、第1磁性層23aは、界面と平行な方向に、{111}面として表される等価な結晶面が優先配向している。

【0086】

従って、第1磁性層23aを構成する原子と非磁性金属層22を構成する原子が互いに重なりあいやしくなり、非磁性金属層22内の結晶と固定磁性層23内の結晶はエピタキシャルな状態になっている。

【0087】

しかし、第1磁性層23aの{111}面内の最近接原子間距離と、非磁性金属層22の{111}面内又はC面内の最近接原子間距離には、一定以上の差があることが必要である。

【0088】

本実施の形態では、非磁性金属層22を構成する原子と第1磁性層23aの原子とを重なり合わせつつ、結晶構造に歪みを生じさせるために、非磁性金属層2の{111}面内又はC面内の最近接原子間距離と、固定磁性層23の第1磁性層23aの{111}面内の最近接原子間距離との差を、第1磁性層23aの{111}面内の最近接原子間距離で割った値（以下ミスマッチ値と呼ぶ）を、0.05以上0.20以下にしている。

【0089】

（表1）にfcc構造の結晶構造を有する結晶の、格子定数、{111}面内の最近接原子間距離、fcc構造のCoとのミスマッチ%を示す。ミスマッチ%

は、前記ミスマッチ値を100倍し、%表示した値である。

【0090】

また、（表2）にh c p構造の結晶構造を有する結晶の、C面内の最近接原子間距離（格子定数aに相当）及びf c c構造のCoとのミスマッチ%を示す。

【0091】

【表1】

材料	格子定数(Å)	最近接原子間距離	Coとのミスマッチ%
Co (f c c)	3.545	2.506	
Rh	3.803	2.689	7.290
Pd	3.890	2.751	9.736
Ir	3.839	2.715	8.314
Pt	3.923	2.774	10.675
Al	4.049	2.863	14.238
以下比較例			
(Ni _{0.8} Fe _{0.2}) ₁₀ Cr ₄₀	3.568	2.523	0.657
Cu	3.615	2.556	1.995
Ni ₈₀ Fe ₂₀	3.549	2.509	0.120
Si	5.430	3.840	53.189
Ge	5.658	4.001	59.607
Pb	4.951	3.501	39.662

【0092】

【表2】

材料	格子定数 a (Å)	Coとのミスマッチ%
Ru	2.706	7.952
Ti	2.950	17.695
Re	2.760	10.115
Os	2.734	9.081
以下比較例		
Hf	3.197	27.537
Zr	3.232	28.946

【0093】

表1をみると、Rh結晶、Ir結晶、Pd結晶、Pt結晶、Al結晶と、fcc構造のCoとのミスマッチ%は、7%から14%の範囲内（ミスマッチ値で0.07から0.14の範囲内）にあることがわかる。また、表2をみると、Ru結晶、Re結晶、Os結晶、Ti結晶と、fcc構造のCoとのミスマッチ%は、7%から18%の範囲内（ミスマッチ値で0.07から0.18の範囲内）にあることがわかる。

【0094】

互いに重なりあう非磁性金属層22と第1磁性層23aのミスマッチ%が5%以上20%以下（またはミスマッチ値が0.05以上0.20以下）であると、図3に模式的に示すように、非磁性金属層22を構成する原子と第1磁性層23aの原子とが重なり合いつつも、界面付近で結晶構造に歪みが生じている状態になる。

【0095】

図3において符号N1は第1磁性層23aの{111}面内の最近接原子間距離を示しており、符号N2非磁性金属層22の{111}面内又はC面内の最近接原子間距離を示している。N1及びN2は、非磁性金属層22と第1磁性層23aの界面から離れた歪みの影響の少ないところで測定する。

【0096】

このように、第1磁性層23aの結晶構造に歪みが生じると、第1磁性層23aの磁歪定数 λ を大きくすることができるので、大きな磁気弾性効果を発揮することができる。

【0097】

ここで、非磁性金属層22の材料に $(\text{Ni}_{0.8}\text{Fe}_{0.2})_{60}\text{Cr}_{40}$ 、Cu、Ni₈₀Fe₂₀を用い、第1磁性層23aの材料にCoを用いると、非磁性金属層22と第1磁性層23aのミスマッチ%が小さくなりすぎてしまう。すなわち、図4に模式的に示すように、非磁性金属層22の原子と第1磁性層23aの原子が重なりあつたとき、界面付近の結晶構造に歪みが生じなくなり、第1磁性層23aの磁歪定数 λ を大きくすることができなくなる。

【0098】

また、非磁性金属層22の材料にSi、Ge、Pb、Hf、Zrを用い、第1磁性層23aの材料にCoを用いると、非磁性金属層22と第1磁性層23aのミスマッチ%が大きくなりすぎてしまう。すなわち、図5に模式的に示すように、非磁性金属層22の原子と第1磁性層23aの原子が重なりあわなくなり、非整合あるいは非エピタキシャルな状態になる。非磁性金属層22の原子と第1磁性層23aの原子が非エピタキシャルな状態になるときも、界面付近の結晶構造に歪みが生じなくなり、第1磁性層23aの磁歪定数 λ を大きくすることができなくなる。

【0099】

また、固定磁性層23の第1磁性層23aが、体心立方格子（bcc）構造をとり、界面と平行な方向に、{110}面として表される等価な結晶面が優先配向しているものであってもよい。

【0100】

例えば、固定磁性層23の第1磁性層23aが Co_xFe_y ($y \geq 20$, $x+y=100$) によって形成されていると、第1磁性層23aは体心立方格子（bcc）構造をとる。

【0101】

上述したように、非磁性金属層22は、Rh、Ir、Pd、Pt、Al、Ru

、 Re、 Os、 Ti から選ばれる 1 種あるいは 2 種以上によって形成されており、 fcc 構造をとり、 界面と平行な方向に {111} 面として表される等価な結晶面が優先配向しているか、 または hcp 構造をとり、 界面と平行な方向に C 面が優先配向するものである。

【0102】

bcc 構造を有する結晶の {110} 面として表される等価な結晶面の原子配列と fcc 構造を有する結晶の {111} 面として表される等価な結晶面の原子配列は類似しており、 bcc 構造を有する結晶と fcc 構造を有する結晶を、 各々の原子が重なり合った整合状態、 いわゆるヘテロエピタキシャルな状態にすることができる。

【0103】

また、 bcc 構造を有する結晶の {110} 面として表される等価な結晶面の原子配列と hcp 構造を有する結晶の C 面の原子配列は類似しており、 bcc 構造を有する結晶と hcp 構造を有する結晶を、 各々の原子が重なり合った整合状態、 いわゆるヘテロエピタキシーの状態にすることができる。

【0104】

従って、 第 1 磁性層 23a を構成する原子と非磁性金属層 22 を構成する原子が互いに重なりあいやすくなり、 非磁性金属層 22 内の結晶と固定磁性層 23 の第 1 磁性層 23a 内の結晶はヘテロエピタキシャルな状態になっている。

【0105】

第 1 磁性層 23a の {110} 面内の最近接原子間距離と、 非磁性金属層 22 の {111} 面内又は C 面内の最近接原子間距離には、 一定以上の差が生じている。 このため、 第 1 磁性層 23a と非磁性金属層 22 の界面付近では、 第 1 磁性層 23a を構成する原子と非磁性金属層 22 を構成する原子が互いに重なり合いつつも、 それぞれの結晶構造に歪みが生じる。 従って、 第 1 磁性層 23a の結晶構造に歪を生じさせることによって磁歪定数 λ を大きくさせることができる。

【0106】

なお、 bcc 構造をとる Co_xFe_y ($y \geq 20$, $x + y = 100$) は、 fcc 構造をとる Co または Co_xFe_y ($y \leq 20$, $x + y = 100$) より、 特に $y =$

50 (a t %) 付近において磁歪定数 λ の値が大きいので、より大きな磁気弾性効果を発揮することができる。また、bcc構造をとる Co_xFe_y ($y \geq 20$, $x + y = 100$) は、保磁力が大きく、固定磁性層23の磁化固定を強固にすることができる。

【0107】

なお、本発明では、第1磁性層23aと非磁性金属層22の界面付近で、第1磁性層23aを構成する原子と、非磁性金属層22を構成する原子の大部分が互いに重なり合う整合状態になっていればよい。例えば、図3に模式的に示すように、一部に、第1磁性層23aを構成する原子と、非磁性金属層22を構成する原子が重なり合わない領域があってもよい。

【0108】

また、第2磁性層23cの材料には、bcc構造をとる Co_xFe_y ($y \geq 20$, $x + y = 100$)、fcc構造をとるCoまたは Co_xFe_y ($y \leq 20$, $x + y = 100$) のどちらを用いてもよい。

【0109】

第2磁性層23cの材料に、bcc構造をとる Co_xFe_y ($y \geq 20$, $x + y = 100$) を用いると、正磁歪を大きくすることができます。bcc構造をとる Co_xFe_y ($y \geq 20$, $x + y = 100$) は、保磁力が大きく、固定磁性層23の磁化固定を強固にすることができます。また、非磁性中間層23bを介した第1磁性層23aと第2磁性層23c間のRKKY相互作用が強くなる。

【0110】

一方、第2磁性層23cは、非磁性材料層24に接しており、磁気抵抗効果に大きな影響を及ぼす層なので、fcc構造をとるCoまたは Co_xFe_y ($y \leq 20$, $x + y = 100$) を用いて形成すると磁気抵抗効果の劣化が少ない。

【0111】

図6ないし図8は、固定磁性層23の他の様態を示す部分断面図である。

図6に示されるように、固定磁性層23を構成する第1磁性層23aが、非磁性金属層22側にfcc磁性層23a1が設けられ、非磁性中間層側にbcc磁性層23a2が設けられたものであってもよい。

【0112】

fcc 磁性層 23a1 とは、面心立方格子 (fcc) 構造をとり、界面と平行な方向に {111} 面として表される等価な結晶面が優先配向する磁性層であり、bcc 磁性層 23a2 とは、体心立方格子 (bcc) 構造をとり、界面と平行な方向に {110} 面として表される等価な結晶面が優先配向している磁性層である。

【0113】

fcc 磁性層 23a1 は、Co または Co_xFe_y ($y \leq 20$, $x + y = 100$) を用いて形成され、bcc 磁性層 23a2 は、 Co_xFe_y ($y \geq 20$, $x + y = 100$) によって形成される。

【0114】

第1磁性層 23a の非磁性中間層 23b 側の界面付近を bcc 構造にすることにより、磁歪定数 λ の値を大きくし、大きな磁気弾性効果を発揮させることができる。また、非磁性中間層 23b 側の組成が、 Co_xFe_y ($y \geq 20$, $x + y = 100$) であると、非磁性中間層 23b を介した第1磁性層 23a と第2磁性層 23c 間の RKKY 相互作用が強くなる。

【0115】

一方、第1磁性層 23a の非磁性金属層 22 側の界面付近を fcc 構造にすると、固定磁性層 23、非磁性材料層、フリー磁性層の結晶配向性が一定になり、結晶粒も大きくなって磁気抵抗変化率 (MR 比) を高くすることができる。

【0116】

また、図7に示されるように、固定磁性層 23 を構成する第2磁性層 23c は、非磁性材料層 24 側に fcc 磁性層 23c2 が設けられ、非磁性中間層 23b 側に bcc 磁性層 23c1 が設けられたものであってもよい。

【0117】

fcc 磁性層 23c2 とは、面心立方格子 (fcc) 構造をとり、界面と平行な方向に {111} 面として表される等価な結晶面が優先配向する磁性層であり、bcc 磁性層 23c1 とは、体心立方格子 (bcc) 構造をとり、界面と平行な方向に {110} 面として表される等価な結晶面が優先配向している磁性層で

ある。

【0118】

fcc磁性層23c2は、Coまたは Co_xFe_y ($y \leq 20$, $x+y=100$) を用いて形成され、bcc磁性層23c1は、 Co_xFe_y ($y \geq 20$, $x+y=100$) によって形成される。

【0119】

第2磁性層23cの非磁性中間層23b側の界面付近をbcc構造にすることにより、磁歪定数 λ の値を大きくし、大きな磁気弾性効果を発揮させることができる。また、非磁性中間層23b側の組成が、 Co_xFe_y ($y \geq 20$, $x+y=100$) であると、非磁性中間層23bを介した第1磁性層23aと第2磁性層23c間のRKKY相互作用が強くなる。

【0120】

一方、第1磁性層23aの非磁性金属層22側の界面付近をfcc構造にすることによって、磁気抵抗効果の劣化を抑えることができる。

【0121】

または、図8に示されるように、固定磁性層23を構成する第1磁性層23aは、非磁性金属層22側にfcc磁性層23a1が設けられ、非磁性中間層側にbcc磁性層23a2が設けられたものであり、かつ、第2磁性層23cは、非磁性材料層24側にfcc磁性層23c2が設けられ、非磁性中間層23b側にbcc磁性層23c1が設けられたものであってもよい。

【0122】

なお、図6ないし図8では、第1磁性層23aをfcc磁性層23a1とbcc磁性層23a2とが積層された構造にし、または、第2磁性層23cを、bcc磁性層23c1とfcc磁性層23c2とが積層された構造にしている。

【0123】

しかし、本発明では、固定磁性層23の第1磁性層23aが、非磁性金属層22側の界面付近で、面立方格子(fcc)構造をとり、界面と平行な方向に{111}面として表される等価な結晶面が優先配向し、非磁性中間層23b側の界面付近で、体立方格子(bcc)構造をとり、界面と平行な方向に、{111}

01 面として表される等価な結晶面が優先配向していればよい。

【0124】

従って、固定磁性層23の第1磁性層23aは、非磁性金属層22側の界面付近でCoまたは Co_xFe_y ($y \leq 20$, $x+y=100$) の組成を有し、fcc構造をとり、界面と平行な方向に {111} 面として表される等価な結晶面が優先配向し、非磁性金属層22側の界面付近から非磁性中間層23b側の界面に向かうに連れて、Fe濃度が徐々に大きくなって、非磁性中間層23b側の界面付近で、 Co_xFe_y ($y \geq 20$, $x+y=100$) の組成を有し、体心立方格子 (bcc) 構造をとり、界面と平行な方向に、{110} 面として表される等価な結晶面が優先配向したものであってもよい。

【0125】

また、第2磁性層23cも同様に、非磁性材料層24側の界面付近から非磁性中間層23b側の界面に向かうに連れて、Fe濃度が徐々に大きくなるCoFe合金で形成されてよい。

【0126】

図9は、本発明の第2の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側から見た断面図である。

【0127】

図9に示された磁気検出素子が、図1に示された磁気検出素子と異なる点は、非磁性金属層22と、固定磁性層23の第1磁性層23aの間に、PtMn合金、または、X-Mn (ただしXは、Pd, Ir, Rh, Ru, Os, Ni, Feのいずれか1種または2種以上の元素である) 合金からなる中間層40が設けられている点である。

【0128】

本実施の形態では、中間層40の膜厚は、5Å～50Åである。PtMn合金、または、X-Mn (ただしXは、Pd, Ir, Rh, Ru, Os, Ni, Feのいずれか1種または2種以上の元素である) からなる中間層40の膜厚がこの範囲内であると、中間層40の結晶構造は、成膜時の状態である面心立方構造 (fcc) を維持しつづける。

【0129】

従って、中間層40を構成する原子と、固定磁性層23の第1磁性層23aを構成する原子とが互いに重なりあいやすくなり、中間層40内の結晶と第1磁性層23a内の結晶がエピタキシャルまたはヘテロエピタキシャルな整合状態になりやすくなる。

【0130】

また、第1磁性層23aの{111}面内または{110}面内の最近接原子間距離と、中間層40の{111}面内の最近接原子間距離には、一定以上の差が生じている。このため、第1磁性層23aと中間層40の界面付近では、第1磁性層23aを構成する原子と中間層40を構成する原子が互いに重なり合いつつも、それぞれの結晶構造に歪みが生じる。従って、第1磁性層23aの結晶構造に歪を生じさせることによって磁歪定数 λ を大きくさせることができる。

また、非磁性金属層22内の結晶と中間層40内の結晶もエピタキシャルな状態になりやすい。

【0131】

しかも、PtMn合金、または、X-Mn（ただしXは、Pd, Ir, Rh, Ru, Os, Ni, Feのいずれか1種または2種以上の元素である）からなる中間層40の{111}面内の最近接原子間距離を、非磁性金属層22の{111}面内又はC面内の最近接原子間距離より大きくすることにより、シードレイヤ21から中間層40にかけて、膜面平行方向の最近接原子間距離を段階的に広げることができ、多層膜T1に必要以上の歪みが生じることを抑えることができる。

【0132】

なお、中間層40の膜厚が、50Åより大きくなると、250℃以上の熱が加わったときに、中間層40の結晶構造がCuAuI型の規則型の面心正方構造(fcc)に構造変態するので好ましくない。ただし、中間層40の膜厚が、50Åより大きくても、250℃以上の熱が加わらなければ、中間層40の結晶構造は、成膜時の状態である面心立方構造(fcc)を維持しつづける。

【0133】

図10は、本発明の第3の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側から見た断面図である。

【0134】

図10に示された磁気検出素子は、図9に示された磁気検出素子に類似しており、多層膜T1の代わりに、多層膜T2が形成されている点で図9に示された磁気検出素子と異なっている。多層膜T2は、下から順にシードレイヤ21、フリー磁性層25、非磁性材料層24、第2磁性層23c、非磁性中間層23b、第1磁性層23aからなる固定磁性層23、中間層40、非磁性金属層22、及び保護層26が積層されたものである。すなわち、多層膜T2は、多層膜T1の各層の積層順序を逆にしたものである。

【0135】

本実施の形態の磁気検出素子でも、固定磁性層23の第1磁性層23aが中間層40に接している。

【0136】

本実施の形態でも、中間層40の膜厚は、5Å～50Åであり、中間層40の結晶構造は、成膜時の状態である面心立方構造(fcc)を維持しつづける。

【0137】

従って、中間層40を構成する原子と、固定磁性層23の第1磁性層23aを構成する原子とが互いに重なりあいやすくなり、中間層40内の結晶と第1磁性層23a内の結晶がエピタキシャルな整合状態になりやすくなる。

【0138】

しかも、第1磁性層23aの{111}面内または{110}面内の最近接原子間距離と、中間層40の{111}面内の最近接原子間距離には、一定以上の差が生じている。このため、第1磁性層23aと中間層40の界面付近では、第1磁性層23aを構成する原子と中間層40を構成する原子が互いに重なり合いつつも、それぞれの結晶構造に歪みが生じる。従って、第1磁性層23aの結晶構造に歪を生じさせることによって磁歪定数λを大きくさせることができる。

また、非磁性金属層22内の結晶と中間層40内の結晶もエピタキシャルな状態になりやすく、図9に示された磁気検出素子と同様に、多層膜T2に必要以上の

歪みが生じることを抑えることができる。また、面内の最近接原子間距離を「非磁性金属層22」>「中間層40」>「第1磁性層23a」と段階的にすることにより、界面での整合状態を保ちつつ、より大きな格子歪みを第1磁性層23aに加えることができる。

【0139】

なお、中間層40が形成されず、固定磁性層23の第1磁性層23aに非磁性金属層22が直接接している構成でも、第1磁性層23aを構成する原子と非磁性金属層22を構成する原子とを互いに重なり合わせつつ、それぞれの結晶構造に歪みが生じさせることができ、第1磁性層23aの磁歪定数 λ を大きくさせることができる。

【0140】

固定磁性層23の磁気弾性効果に基づく異方性を大きくするためには、多層膜T1またはT2に対して、バイアス下地層27, 27、ハードバイアス層28, 28、及び電極層29, 29からトラック幅方向に（図示X方向）に平行な方向及び反平行な方向に加わる圧縮応力を大きくすることができる。

【0141】

例えば、電極層29, 29がCr（クロム）、 α -Ta、またはRhで形成され、しかも電極層29, 29の結晶格子面の膜面平行方向の面間隔がCrの場合で0.2044nm以上（bcc構造の{110}面間隔）、 α -Taの場合で0.2337nm以上（bcc構造の{110}面間隔）、Rhの場合で0.200nm以上（fcc構造の{111}面間隔）であると、多層膜T1またはT2に加わる圧縮応力を大きくすることができる。このとき、図2に示される矢印方向、すなわち電極層29, 29の外側方向に向けて、電極層29, 29が延伸し、多層膜T1またはT2に対し、トラック幅方向に（図示X方向）に平行な方向及び反平行な方向に圧縮応力が加えられる。

【0142】

電極層29, 29の結晶格子面の膜面平行方向の面間隔は、X線回折や電子線回折によって測定することができる。なお、バルク状態のCr、 α -Ta、またはRhは、結晶格子面の膜面平行方向の面間隔がCrの場合で0.2040nm

(b c c 構造の {110} 面間隔)、 α -Ta の場合で 0.2332 nm (b c c 構造の {110} 面間隔)、Rh の場合で 0.2196 nm (f c c 構造の {111} 面間隔) であり、前記面間隔がこの値以上になると電極層 29, 29 が多層膜 T1 に対し圧縮応力を与えるように作用する。

【0143】

電極層 29, 29 を Cr によって形成したときと、Au のような軟い金属材料によって形成したときとでは、前記圧縮応力に以下のようないが生じる。

【0144】

例えば、下から順に、バイアス下地層：Cr (50 Å) / ハードバイアス層：CoPt (200 Å) / 中間層：Ta (50 Å) / 電極層：Au (800 Å) / 保護層：Ta (50 Å) が積層された膜が生じさせる圧縮応力は、280 MPa である。

【0145】

これに対し、下から順に、バイアス下地層：Cr (50 Å) / ハードバイアス層：CoPt (200 Å) / 中間層：Ta (50 Å) / 電極層：Cr (1400 Å) / 保護層：Ta (50 Å) が積層された膜が生じさせる圧縮応力は、670 MPa である。

【0146】

なお、中間層 Ta (50 Å) と保護層 Ta (50 Å) は図 1 には示されていないが、それぞれ、電極層の配向性を整える層と酸化防止層として機能する。

【0147】

なお、電極層 29, 29 をスパッタ成膜するときには、イオンビームスパッタ法を用い、スパッタ装置内の Ar, Xe, Kr などの圧力を $5 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-1}$ (Pa) と小さくする。スパッタ装置内の Ar, Xe, Kr などの圧力が小さいと、電極層を形成する Cr, α -Ta、または Rh 原子が Ar 原子に衝突する確率が減少するので、Cr などの原子は高いエネルギーを保持したまま堆積していく。既に成膜されている Cr などの膜に、ターゲットから飛来した Cr などの原子が大きなエネルギーをもって衝突して埋め込まれていくと、電極層 29, 29 が外側方向に向けて延伸する。

【0148】

固定磁性層23のトラック幅方向の両端部はハードバイアス層28, 28が発生する縦バイアス磁界によって磁化方向が傾きやすくなっている。しかし、固定磁性層23のトラック幅方向の両端部には大きな圧縮応力が加わる。従って、固定磁性層23のトラック幅方向の両端部は、磁気弾性効果による異方性が大きくなり、磁化方向が一方向に強く固定される。

【0149】

本発明は、固定磁性層23の両側からの圧縮応力と磁歪との関係に基づく一軸異方性によって、固定磁性層23の磁化方向を固定するものであり、固定磁性層にかかる圧縮応力は固定磁性層23の光学的トラック幅方向の両端部で強く、中央部で弱い。従って、固定磁性層23の光学的トラック幅方向の幅寸法が大きいと、固定磁性層23の中央部付近の磁化方向固定力が小さくなる。従って、固定磁性層23の光学的トラック幅寸法W1は、0.15μm以下である（数値をご記入下さい）ことが好ましい。

【0150】

なお、フリー磁性層25の磁歪は負磁歪にすることが好ましい。上記したように、磁気検出素子の多層膜T1には、両側から圧縮応力が加わっているので、負磁歪のフリー磁性層25は磁気弾性効果によって、トラック幅方向（図示X方向）に平行または反平行方向が磁化容易軸になりやすくなる。

【0151】

フリー磁性層25のトラック幅方向の両端部は反磁界によって磁化が不安定になりやすい。しかし、フリー磁性層25のトラック幅方向の両端部は、ハードバイアス層28, 28に近く、大きな圧縮応力が加わる。従って、フリー磁性層25のトラック幅方向の両端部は、磁気弾性効果による異方性が大きくなり、磁化方向が安定化する。

【0152】

従って、ハードバイアス層28, 28の膜厚を小さくして、縦バイアス磁界を小さくしてもフリー磁性層25を安定した单磁区状態にすることができる。ハードバイアス層28, 28の膜厚を小さくして、縦バイアス磁界を小さくできると

、固定磁性層23のハイト方向への磁化固定状態を安定化できる。

【0153】

なお、フリー磁性層25の中央部付近の圧縮応力は、両端部の圧縮応力よりも小さいので、磁界検出感度の低下を抑えることができる。

【0154】

フリー磁性層25の磁歪定数 λ は、 $-8 \times 10^{-6} \leq \lambda \leq -0.5 \times 10^{-6}$ の範囲であることが好ましい。また、ハードバイアス層28, 28の膜厚 t は $100 \text{ \AA} \leq t \leq 200 \text{ \AA}$ であることが好ましい。フリー磁性層25の磁歪 λ が小さすぎると、或はハードバイアス層28, 28の膜厚 t が厚すぎると磁気検出素子の再生感度が低下する。一方、フリー磁性層25の磁歪 λ が大きすぎると、或はハードバイアス層28, 28の膜厚 t が薄すぎると磁気検出素子の再生波形に乱れが生じやすい。

【0155】

図1、図9、図10に示された本実施の形態の磁気検出素子は、スパッタ法又は蒸着法による薄膜形成及びレジストフォトリソグラフィーによるパターン形成によって製造される。スパッタ法及びレジストフォトリソグラフィーは磁気検出素子を形成するときに、通常用いられる方法を使用する。

【0156】

ただし、第1磁性層23aを構成する原子と、非磁性金属層22を構成する原子または中間層40を構成する原子とを互いに重なり合わせつつ、それぞれの結晶構造に歪みを生じさせるために、非磁性金属層22又は中間層40、並びに第1磁性層23aを成膜するときには、例えば以下の条件下で成膜することが好ましい。

【0157】

DCマグнетロンスパッタ法

ターゲットへの入力電力：10～100W

Ar圧力：0.01～0.5Pa

ターゲット／基板間距離：100～300mm

【0158】

また、図1に示される磁気検出素子を形成するときには、非磁性金属層22を成膜するときの基板温度よりも非磁性層23aを成膜するときの基板温度が高くなるようにすると熱膨張の効果によって、より大きな整合歪みを生じさせることができる。

【0159】

多層膜T1の両側にハードバイアス層28, 28が設けられた、図1の磁気検出素子を形成後、ハイト方向に例えば1200 (kA/m) の強磁場を印加して、第1磁性層23a、第2磁性層23c、及びハードバイアス層28, 28の磁化をハイト方向に向ける。その後、印加磁場を第1磁性層23aと第2磁性層23cのスピンドロップ磁界より小さくして、第1磁性層23aと第2磁性層23cの磁化を互いに反平行方向に向ける。ハイト方向の磁場を取り去った後、さらに、トラック幅方向にハードバイアス層28, 28の保磁力より大きな磁場を印加してハードバイアス層28, 28を着磁する。

【0160】

トラック幅方向の磁場を除くと、固定磁性層23の第1磁性層23a及び第2磁性層23cの磁化は、主に磁気弾性効果によってハイト方向に反平行方向または平行方向を向く。また、フリー磁性層25はハードバイアス層28, 28からの縦バイアス磁界によってトラック幅方向に単磁区化される。

【0161】

なお、固定磁性層23の成膜時にハイト方向の磁場を印加して、固定磁性層23の第1磁性層23a及び第2磁性層23cに、誘導異方性を付与してもよい。

【0162】

ただし、固定磁性層23の光学的トラック幅寸法が、0.15 μ m以下になると磁気弾性効果の影響が非常に大きくなる。特に本発明では、第1磁性層23a及び第2磁性層23cの磁歪定数 λ 及びトラック幅方向に多層膜に加わる圧縮応力を大きくしているので、固定磁性層23の磁化の固定は主に磁気弾性効果によっている。

【0163】

本実施の形態では、多層膜T1、T2の両側部にハードバイアス層28, 28

と電極層29, 29の積層体が形成され、この積層体によって多層膜T1, T2に圧縮応力が加えられている。ただし、多層膜T1, T2の両側部にはハードバイアス層28, 28がなくてもよい。例えば、多層膜T1, T2の両側部に、軟磁性材料層と反強磁性層の積層体が設けられていてもよいし、多層膜T1, T2の両側部が絶縁層であってもよい。

【0164】

なお、本発明は、多層膜T1, T2の膜厚垂直方向にセンス電流が流されるトンネル型磁気抵抗効果素子やCPP-GMR型磁気検出素子に用いてもよい。この場合、電極層は、多層膜T1, T2の上下にそれぞれ形成されることになる。

【0165】

以上本発明をその好ましい実施例に関して述べたが、本発明の範囲から逸脱しない範囲で様々な変更を加えることができる。

【0166】

なお、上述した実施例はあくまでも例示であり、本発明の特許請求の範囲を限定するものではない。

【0167】

【実施例】

以下の多層膜を成膜し、290°Cで4時間アニールした後、磁歪を測定した。

【0168】

シリコン基板／アルミナ(1000Å)／(Ni0.8Fe0.2)60Cr40(52Å)／非磁性金属層／Pin1／Ru(9Å)／Pin2(40Å)／Cu(85Å)／Ta(30Å)

【0169】

本実施例では、第2磁性層、非磁性材料層、フリー磁性層などを省略することによって、第1磁性層23aの磁歪を正確に測定するようにしている。

なお、非磁性金属層=RuまたはPt50Mn50(at%)、Pin1=Co、Co90Fe10(at%)またはFe50Co50(at%)、Pin2=Co、Co90Fe10(at%)である。なお、以下において、Co90Fe10(at%)を単に「CoFe」と、Fe50Co50(at%)を単に「FeCo」と略記する。

【0170】

磁歪の測定にはベンディング法を用いた。ベンディング法とは、上記多層膜を湾曲させて一軸性の歪みを与え、逆磁歪効果による一軸異方性の変化から磁歪定数を測定する方法である。

【0171】

結果を図11に示す。この実験結果から、非磁性金属層がRuとPt50Mn50 (at%) のいずれであっても、Pin1がCoまたはFeCoであるほうが、CoFeであるものよりも磁歪定数が大きくなることがわかる。CoFeはCoやFeCoに比べて、歪みが発生しても磁歪が変化しにくい材料であることがその理由であると考えられる。

【0172】

また、非磁性金属層が形成されたものは、非磁性金属層が形成されないものより磁歪定数が大きくなることもわかる。

【0173】

Pin1がCoであるときは、非磁性金属層がRuとPt50Mn50 (at%) のいずれであっても同じくらい磁歪が増大する。

【0174】

なお、Pin1がCoまたはFeCoであるとき、Pin1の膜厚が約5Å以上になると、膜厚が増加するにつれて磁歪定数が徐々に減少している。これは、非磁性金属層の膜厚が厚くなると、非磁性金属層とPin1の界面が非整合状態になりやすくなるためと考えられる。逆にいって、非磁性金属層の膜厚が薄くなると、非磁性金属層の格子定数が変化しやすくなり、非磁性金属層とPin1の界面が歪みをともなう整合状態になりやすくなると考えられる。

【0175】

【発明の効果】

以上詳細に説明した本発明では、自己固定式の固定磁性層を有する磁気検出素子において、固定磁性層の磁歪を制御する機構を明らかにし、前記固定磁性層に接する非磁性金属層の材料を適切に選択することによって、該磁歪を適切に制御して、固定磁性層の磁化を強固に固定することのできる磁気検出素子を提供でき

る。

【0176】

具体的には、前記固定磁性層を、複数の磁性層が非磁性中間層を介して積層されたものとし、前記複数の磁性層のうち前記非磁性材料層から最も離れた位置に形成されている第1の磁性層を、Ru、Re、Os、Ti、Rh、Ir、Pd、Pt、Alから選ばれる1種あるいは2種以上からなる前記非磁性金属層と接合させる。

【0177】

これにより、前記第1の磁性層の結晶構造に歪みを生じさせて前記第1の磁性層の磁歪定数 λ を大きくさせることができる。固定磁性層の磁歪定数を大きくすることによって磁気弾性エネルギーを大きくし、固定磁性層の一軸異方性を大きくできる。

【0178】

固定磁性層の一軸異方性が大きくなると、固定磁性層の磁化は一定の方向に強固に固定され、磁気検出素子の出力が大きくなりかつ出力の安定性や対称性も向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1実施形態の磁気検出素子の構造を記録媒体との対向面側から見た断面図、

【図2】

図1に示された磁気検出素子の平面図、

【図3】

非磁性金属層と固定磁性層が整合しつつ、歪みが生じている状態を示す模式図、

【図4】

非磁性金属層と固定磁性層が整合している状態を示す模式図、

【図5】

非磁性金属層と固定磁性層が非整合している状態を示す模式図、

【図6】

本発明の磁気検出素子の固定磁性層付近の部分断面図、

【図 7】

本発明の磁気検出素子の固定磁性層付近の部分断面図、

【図 8】

本発明の磁気検出素子の固定磁性層付近の部分断面図、

【図 9】

本発明の第2実施形態の磁気検出素子の構造を記録媒体との対向面側から見た断面図、

【図 10】

本発明の第3実施形態の磁気検出素子の構造を記録媒体との対向面側から見た断面図、

【図 11】

非磁性金属層と強磁性層を積層した多層膜の磁歪を測定した結果を示すグラフ、

【図 12】

従来の磁気検出素子の構造を記録媒体との対向面側から見た断面図、

【符号の説明】

2 0 下部ギャップ層

2 1 シードレイヤ

2 2 非磁性金属層

2 3 固定磁性層

2 3 a 第1磁性層

2 3 b 非磁性中間層

2 3 c 第2磁性層

2 4 非磁性材料層

2 5 フリー磁性層

2 6 保護層

2 7 バイアス下地層

2 8 ハードバイアス層

2 9 電極層

30 上部ギャップ層

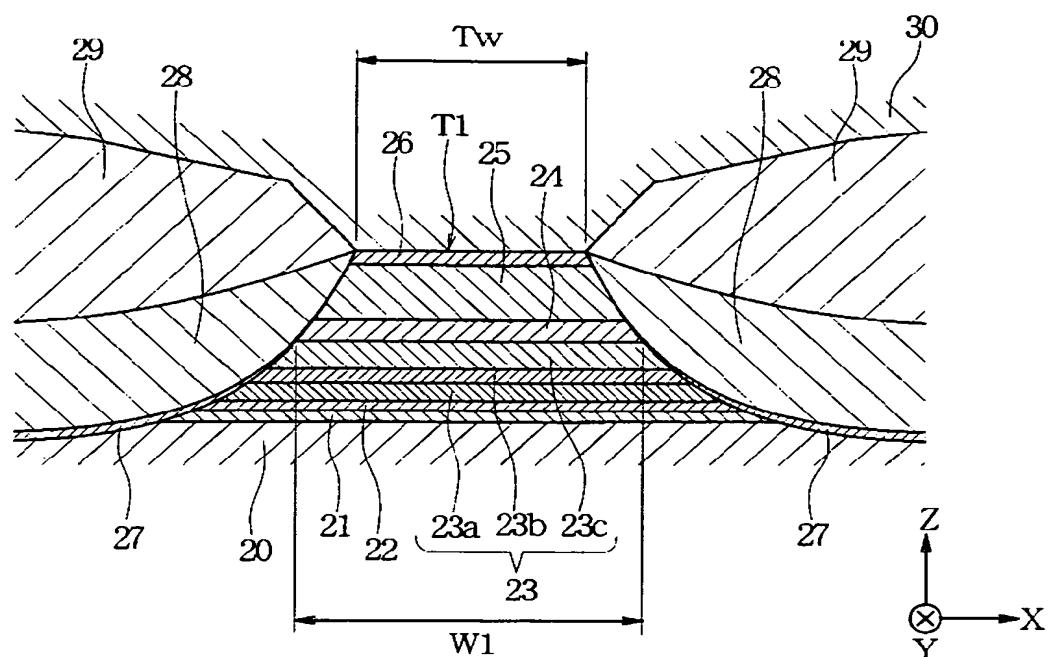
40 中間層

【書類名】

図面

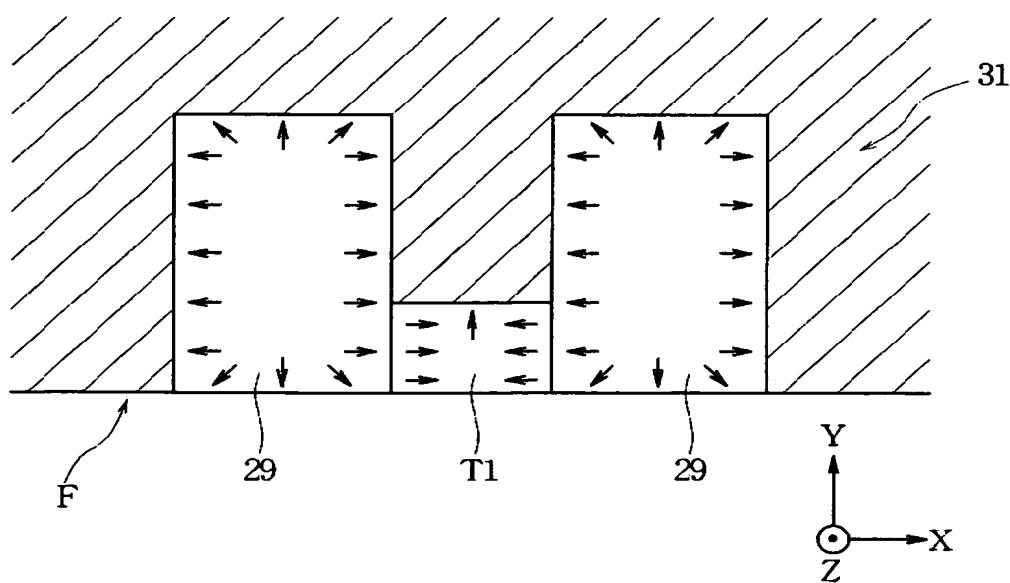
【図1】

図1



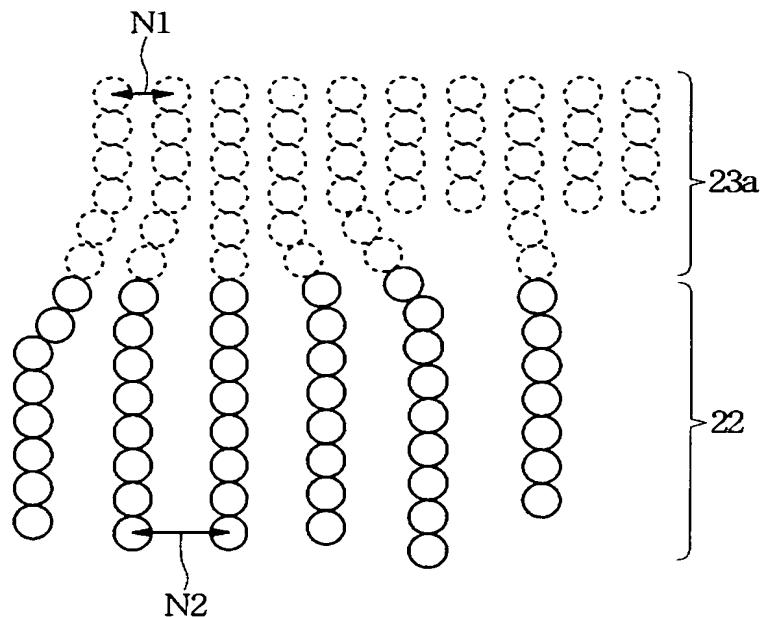
【図2】

図2



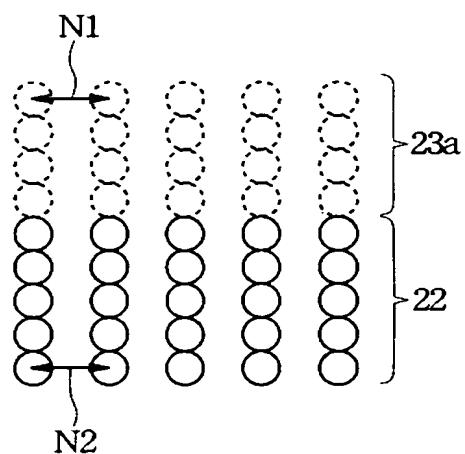
【図3】

図3



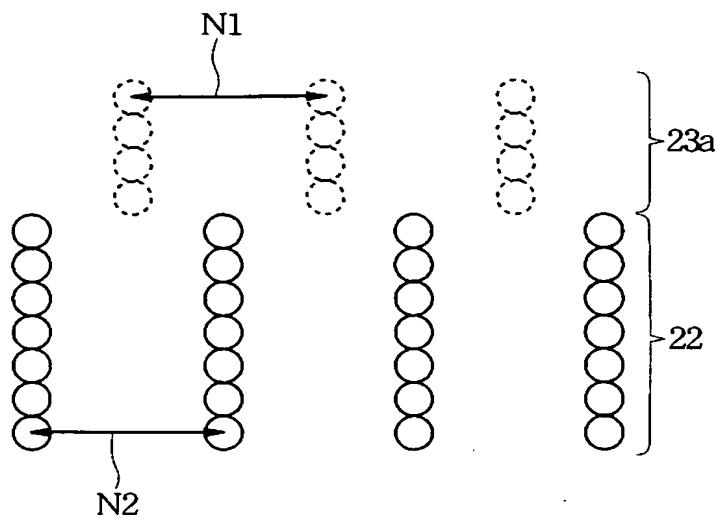
【図4】

図4



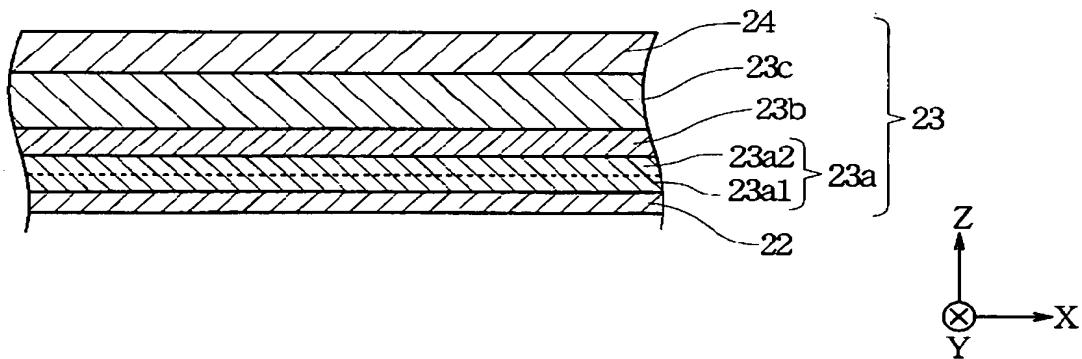
【図 5】

図 5



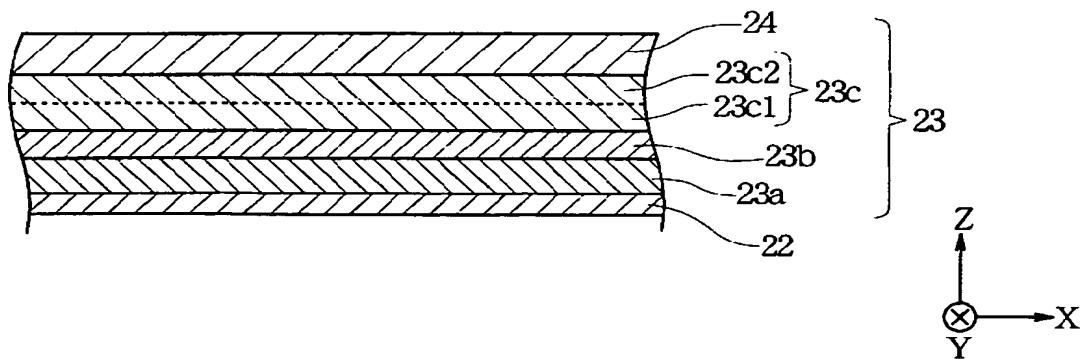
【図 6】

図 6



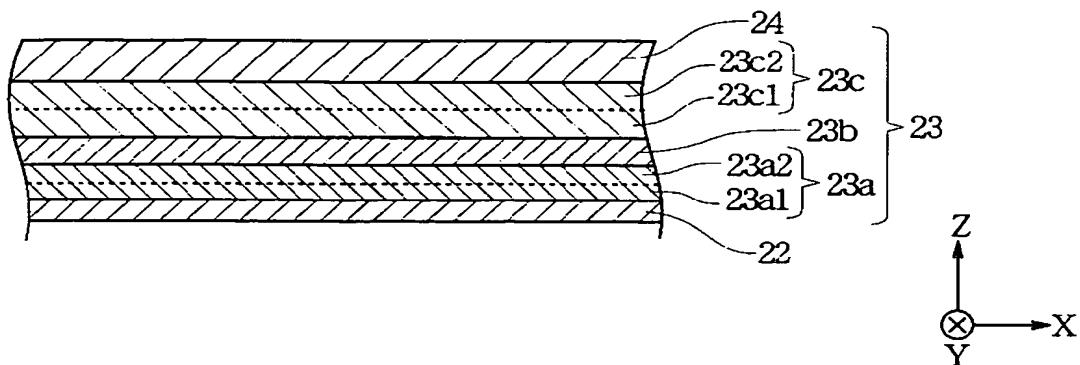
【図 7】

図 7



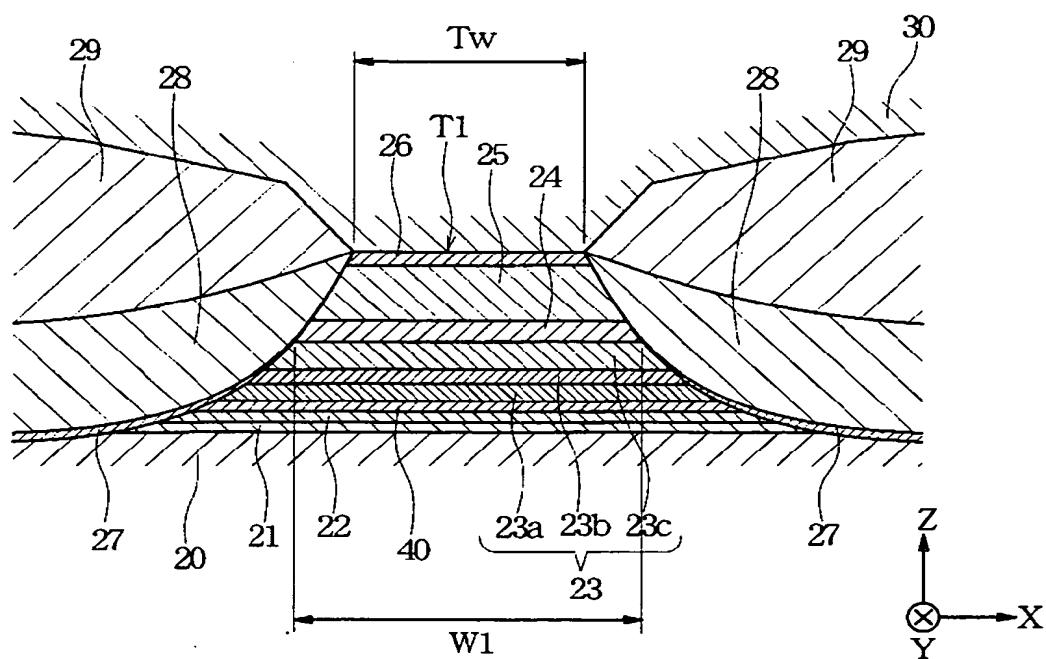
【図8】

図8



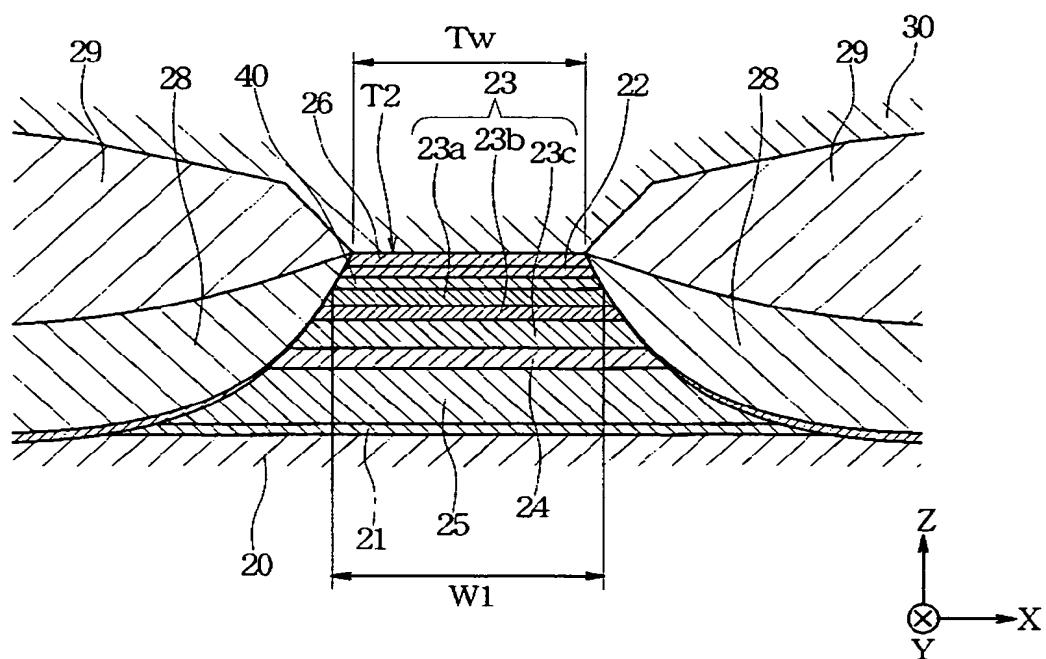
【図9】

図9



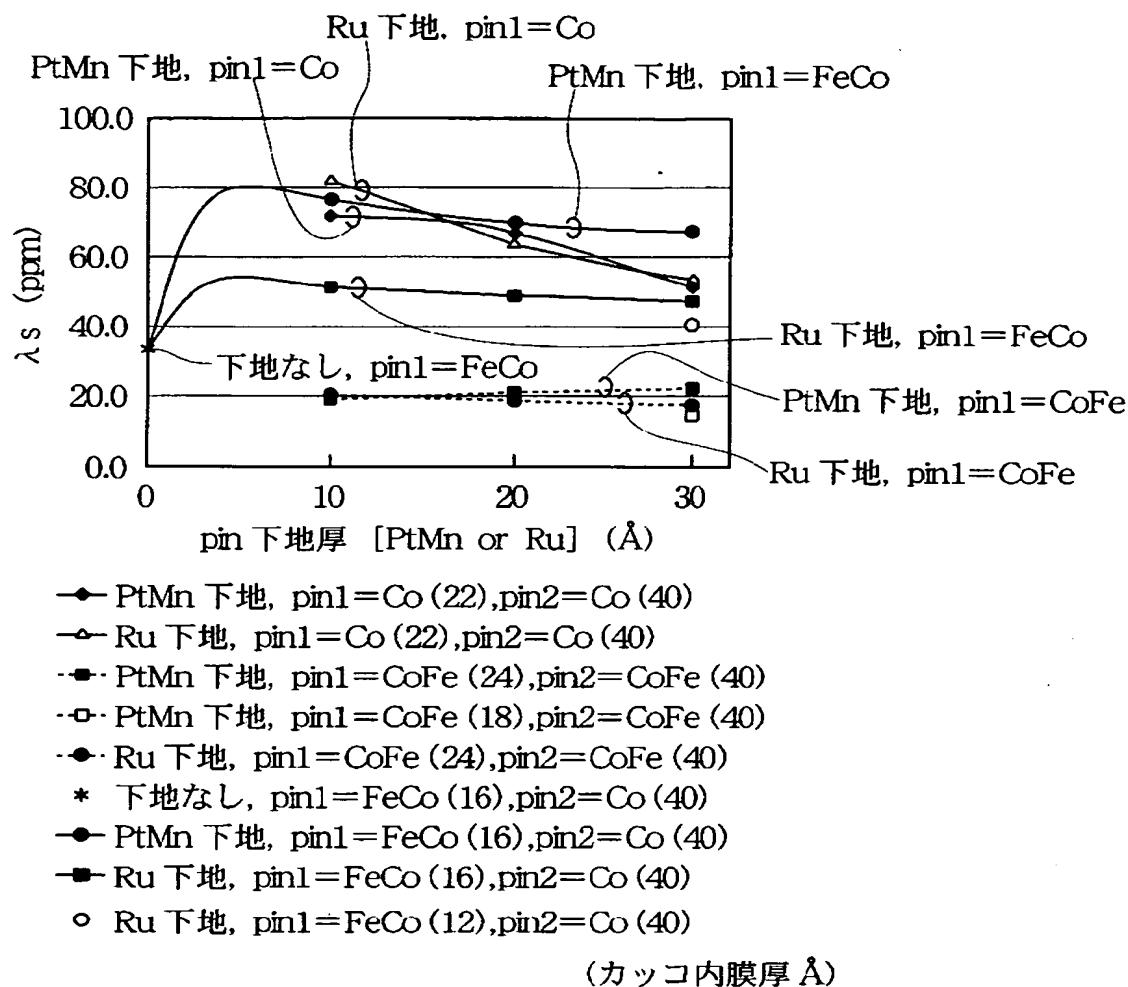
【図10】

図 10



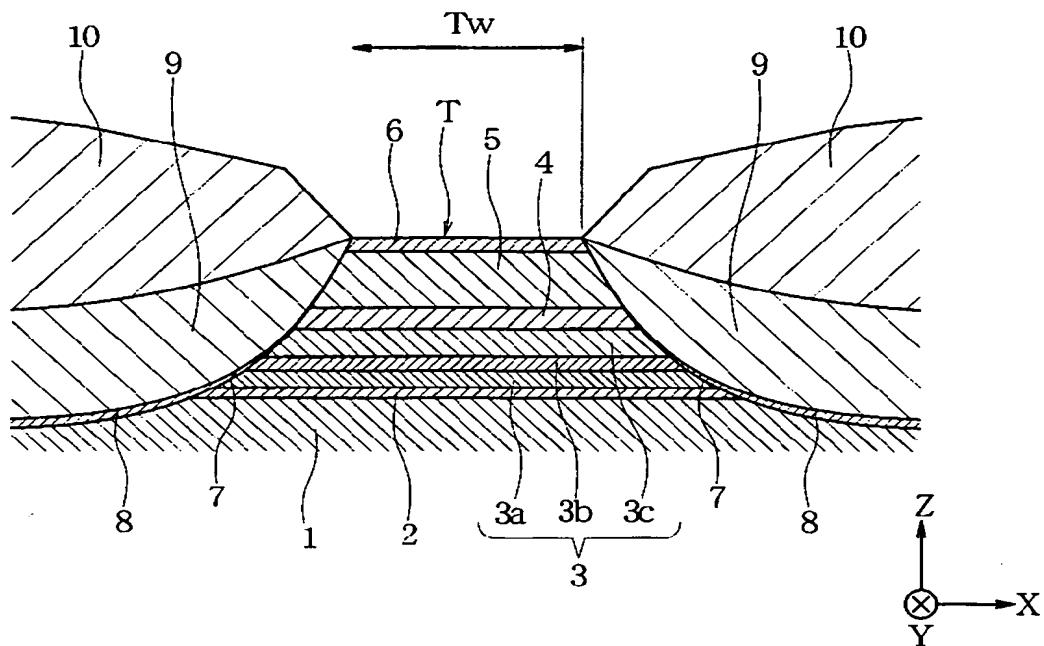
【図11】

図11



【図12】

図 12



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 固定磁性層の磁化を、固定磁性層自体の一軸異方性によって固定する磁気検出素子であって、固定磁性層の磁歪が大きく、磁気弾性効果の大きな磁気検出素子を提供する。

【解決手段】

固定磁性層23の第1磁性層23aを非磁性金属層22の上に形成する。非磁性金属層22は、Ru、Re、Os、Ti、Rh、Ir、Pd、Pt、Alから選ばれる1種あるいは2種以上からなるものである。第1磁性層23aを構成する原子と非磁性金属層22を構成する原子は互いに重なり合いつつも、それぞれの結晶構造に歪みが生じる。すなわち、第1磁性層23aの結晶構造に歪を生じさせることによって磁歪定数 λ を大きくさせることができ、磁気弾性効果の大きな磁気検出素子を提供することができる。

【選択図】 図1

特願 2003-048688

出願人履歴情報

識別番号 [000010098]

1. 変更年月日 1990年 8月27日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区雪谷大塚町1番7号
氏 名 アルプス電気株式会社